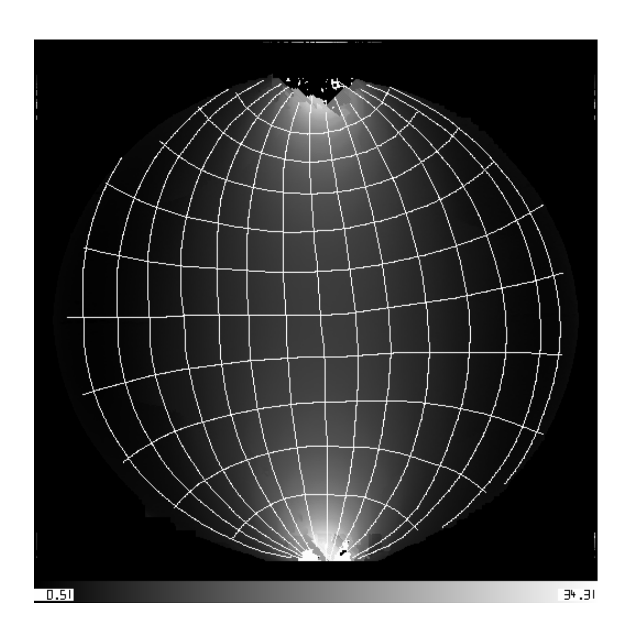
MODE D'EMPLOI DU LOGICIEL PHOTO2D V3.5

J.C Dupré, V. Valle et F. Brémand
Université de Poitiers
Laboratoire de Mécanique des Solides UMR6610
Boulevard Marie et Pierre Curie, Téléport 2, B.P.30 179
86962 Futuroscope Chasseneuil CEDEX, FRANCE





Université de Poitiers



Laboratoire de Mécanique des Solides



Centre National de la Recherche Scientifique

MODE D'EMPLOI DU LOGICIEL PHOTO2D V3.5

J.C Dupré, V. Valle et F. Brémand
Université de Poitiers
Laboratoire de Mécanique des Solides UMR6610
Boulevard Marie et Pierre Curie, Téléport 2, B.P.30 179
86962 Futuroscope Chasseneuil CEDEX, FRANCE
E-Mail : jean-christophe.dupre@lms.univ-poitiers.fr

I- Introduction

Cette documentation concerne le logiciel intitulé « **PHOTO2D** ». Ce logiciel permet la mesure de la direction et de la différence des contraintes principales dans un matériau photoélastique, les contraintes étant considérées comme constante suivant l'épaisseur de la plaque étudiée. La méthode retenue fait appel à deux techniques distinctes (voir annexe) l'une pour la détermination du paramètre isocline l'autre pour le paramètre isochrome.

PHOTO2D V3.5 a été développé pour Windows 98 ou 2000. Il doit être associé à la carte de traitement d'images MATROX METEOR II MC ou MATROX METEOR II ST ainsi qu'aux bibliothèques MATROX MIL V6.1 (pour d'autre version prendre contact).

ATTENTION: **PHOTO2D** ne fonctionne qu'avec la clef de protection jointe, ou toute clef fournie avec un logiciel de notre laboratoire (fonctionne avec les clefs: **Moire**, **Interf, Correla, Project…**).

Configuration minimale: PC Pentium II 366 Mhz, 64 Mo RAM, HD 2Go. La résolution minimale de votre écran d'ordinateur doit être de 1024 par 768 pixels. Si ce n'est pas le cas, modifiez la configuration de Windows.

II- Installation

Espace disque nécessaire à l'installation: 10 Mo
Mettre le CD ROM dans votre lecteur
(sans démarrage automatique *Exécuter*: **INSTALL)**

Un message d'avertissement apparaît; cliquez sur *OK*.

Vous pouvez ensuite soit changer le répertoire de destination du logiciel (par défaut: C:\PHOTOMECANIQUE\PHOTO2D) soit modifier le groupe de programmes associé (par défaut PHOTOMECANIQUE).

Cliquez ensuite sur *INSTALLER* pour installer le logiciel ou sur *QUITTER* pour ne pas installer **PHOTO2D**.

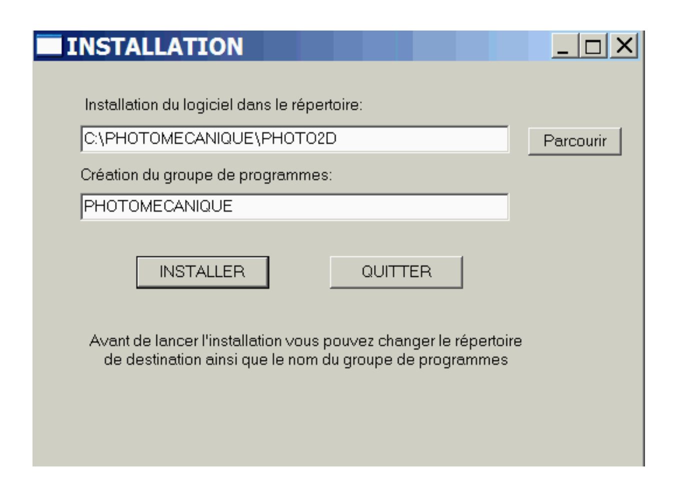


Figure 1: Installation

Une fois l'installation terminée le groupe de programmes PHOTOMECANIQUE est créé ainsi que l'icône de **PHOTO2D**:

Liste des fichiers installés

Dans le répertoire d'installation:

Photo2D.exe Programme exécutable
Photo2D.ini
photo16.bmp Fond d'écran

51c.pal Palettes de couleur
bvr.pal
bvr2.pal
nb.pal
nbnega.pal
rouge.pal
rvb.pal
spec.pal

Cameramc.dcf : Fichier de configuration de la carte d'acquisition :
Camerast.dcf
(Suivant la version de votre carte d'acquisition le programme chargera automatiquement :
Si vous possédez une carte METEOR II ST camerast.dcf
Si vous possédez une carte METEOR II MC cameramc.dcf)

demop000.bmp Application de démonstration
demop001.bmp Images
demop002.bmp
…
demop010.bmp
demop011.bmp
demop.ima Liste des images
demop.ana n° d'images et temps
demop.acq Configuration acquisition
demop.pho Configuration du calcul

Dans le répertoire windows\system:

bwcc32.dll installé s'il n'existe pas dans windows\system

III- Désinstallation

Pour désinstaller le logiciel il suffit d'effacer tous les fichiers décrits plus haut situés dans le répertoire d'installation, ainsi que le groupe de programme PHOTOMECANIQUE

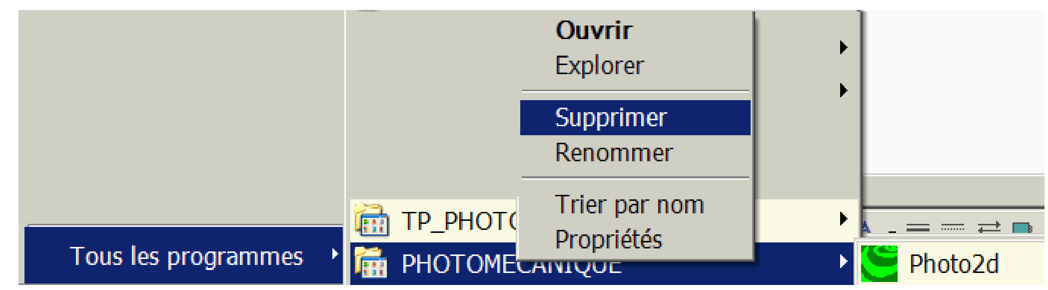


Figure 2: Suppression du Groupe de programmes

IV- Utilisation

Depuis le groupe de programmes, double cliquez sur l'icône de **PHOTO2D** pour lancer le programme ou lancer le logiciel par Démarrer->Tous les programmes->PHOTOMECANIQUE->Photo2D. La fenêtre principale apparaît:

Le logiciel est constitué de plusieurs parties:

- Acquisition des images
- Analyse des images
- Lecture sur disque d'images, de palettes de couleurs, enregistrement d'images et extraction de profils de niveaux de gris.

Les deux premières parties sont liées au calcul. La troisième partie est plus générale et peut servir à tout moment.

Figure 3: Fenêtre principale

La plupart des fonctions du menu déroulant se retrouvent sur les boutons accélérateurs.



IV-1- Menu APPLICATION

La première opération est de donner un **nom** à l'application (par exemple: *demop* fournie avec le logiciel). Ce nom sera commun aux opérations d'acquisition et de calcul et permettra l'enregistrement de différents paramètres dans des fichiers portant ce nom avec une extension particulière (*demop.acq* pour les paramètres d'acquisition, *demop.pho* pour les paramètres de calcul *demop.ine* pour les résultats...). Les images enregistrées s'appelleront *demop000.bmp* jusqu'à *demop999.bmp* dont la liste des noms sera enregistrée dans *demop.ima*. Signalons que si l'application ne possède que le nombre d'images (dans *demop.ima*) nécessaire au calcul de l'isocline (4, 8, 16 ou 32), il ne traitera pas l'isochrome.



Figure 4: Menu Application

Deux cas peuvent se produire:

a) vous voulez créer une nouvelle application cliquez sur *Nouveau* puis donnez un nom à votre application. Vous pouvez changer de répertoire ou en créer de nouveaux. Ensuite la fenêtre Acquisition apparaît (cf. IV-5).

b) il existe déjà une application (par exemple *demop.ima*) cliquez sur *Ouvrir* puis sur *demop.ima* ou directement sur l'un des fichiers situés dans la liste. Ensuite la fenêtre modification des paramètres de calcul apparaît (cf. IV-2).

Cliquez sur *Modifier* pour modifier les paramètres de calcul de l'application (cf. IV-2).

Vous pouvez ensuite cliquer sur *Sauver* ou sur *Sauver sous.* Ces deux fonctions permettent de sauvegarder le fichier *.pho* (qui contient les paramètres du calcul)

Cliquez sur *Fin* pour quitter le programme. Le fichier de configuration du calcul (*demop.pho*) peut alors être sauvegardé ou non.

IV-2- Fenêtre: Modification de l'Application

Cette fenêtre est constituée de quatre onglets qui contiennent les données utiles au calcul (cf. IV-3):

🗀 Zone

o Définition de la zone traitée.

C'est la zone à l'intérieur de laquelle les calculs seront effectués. Elle peut être définie (max. 512 par 512 pixels) soit en tapant sa position (coin supérieur gauche) et sa dimension au clavier, soit par souris: le bouton de gauche permet de basculer entre modification de la position et de la taille, le bouton de droite permet de terminer la sélection

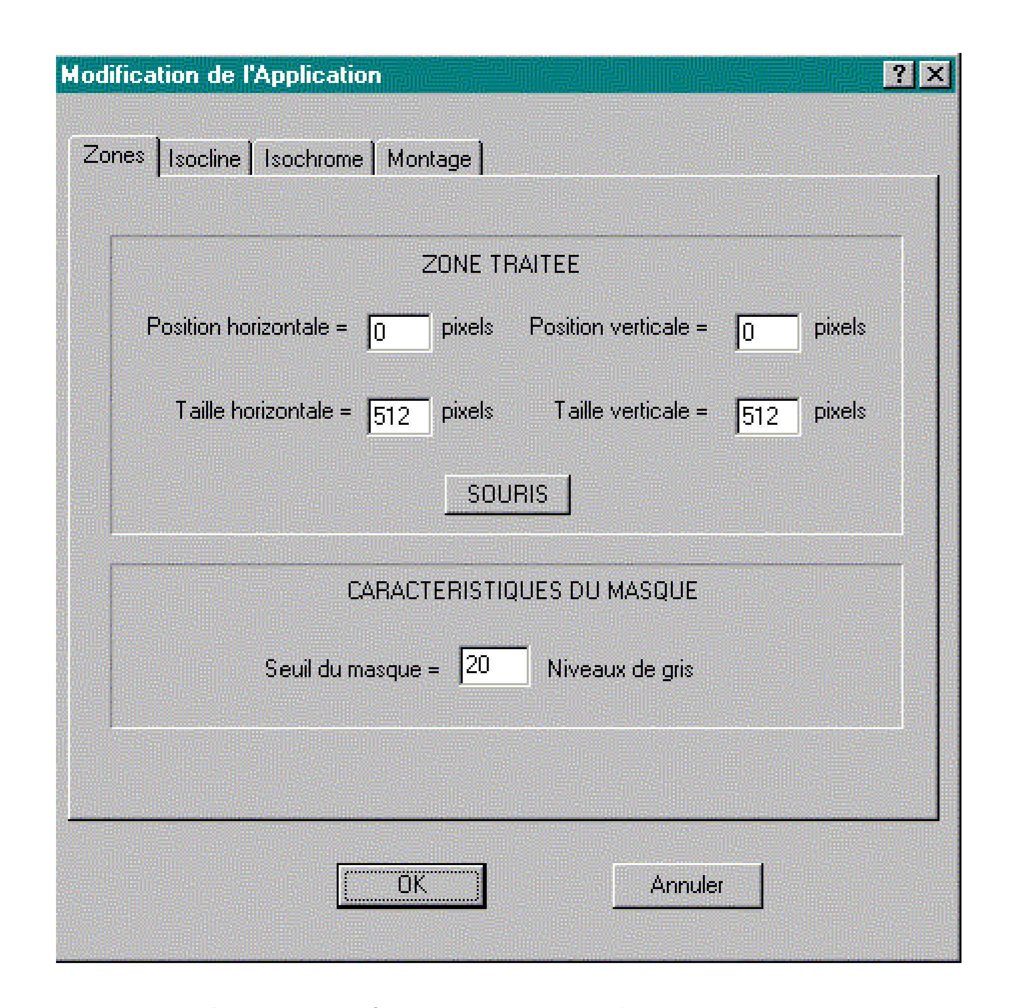


Figure 5-1: Fenêtre de modifications des paramètres du calcul de l'application

o Caractéristiques du masque:

Ces données permettent au logiciel de rechercher la forme de la pièce: (étapes: *Calcul du masque objet* du IV-3).

-Si en tout point de la zone étudiée, la différence en niveau de gris entre toutes les images enregistrées est inférieure au *Seuil du masque* , alors le point étudié ne fait pas partie de la pièce. Augmentez *Seuil du masque* pour réduire la zone étudiée.

🗀 Isocline

Cette fenêtre permet de modifier toutes les données utiles au calcul de l'isocline.

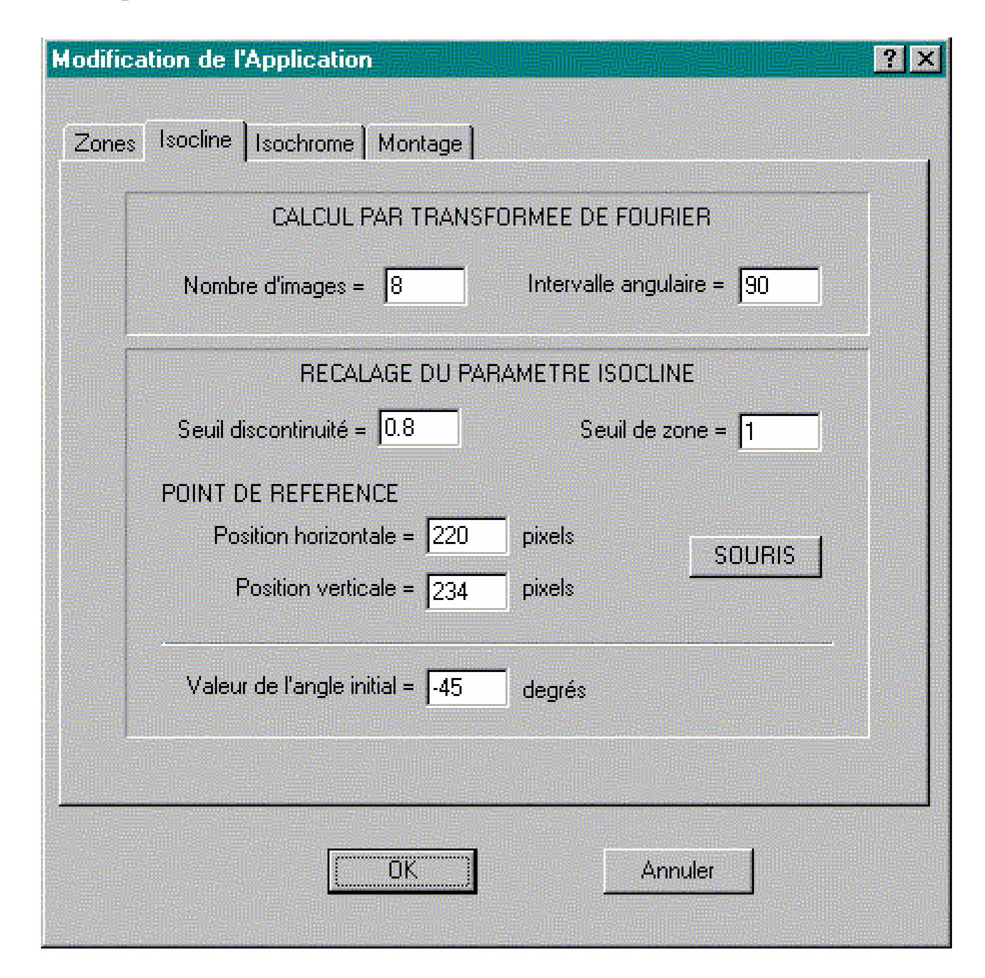


Figure 5-2: Paramètres de calcul de l'isocline

o : Calcul par transformée de Fourier

-Deux paramètres sont à définir (voir annexe) le nombre d'image et l'amplitude en rotation du polariscope (en degrés). Par exemple, prise de 8 images avec une direction du polariseur et de l'analyseur variant de 0° à 90° (incrément de 90/8 °).

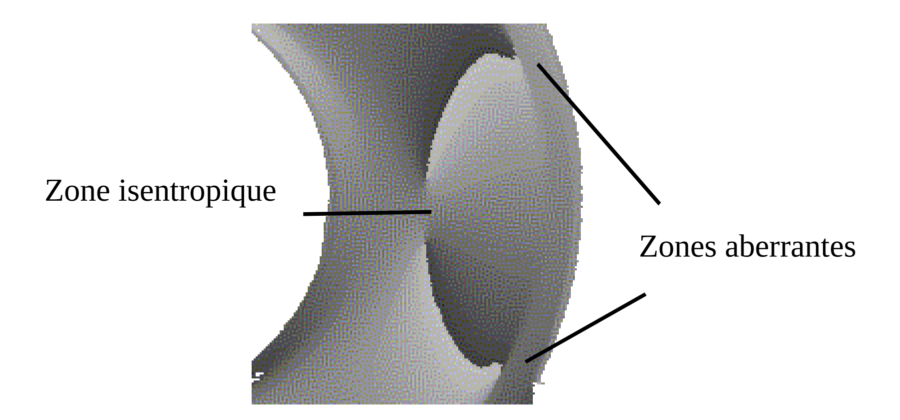
o Recalage du paramètre isocline

-Le calcul par transformée de Fourier donne un résultat compris entre $-\pi/4$ et $\pi/4$, il faut ensuite obtenir les valeurs réelles de l'angle en le recalant entre $-\pi/2$ et $\pi/2$

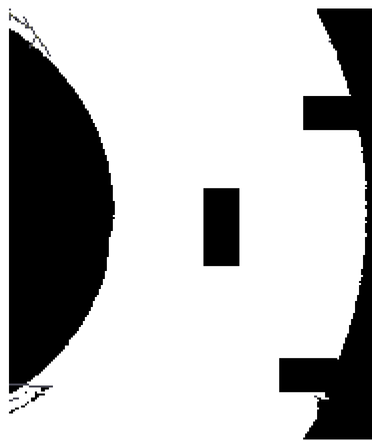
-Deux seuils sont ensuite paramétrables :

Le premier permet de détecter et d'exclure des points aberrants : Diminuer *Seuil Discontinuité* pour rendre le test plus sévère et éliminer plus de valeurs incohérentes (étapes: *Calcul du masque de discontinuité* du IV-3).

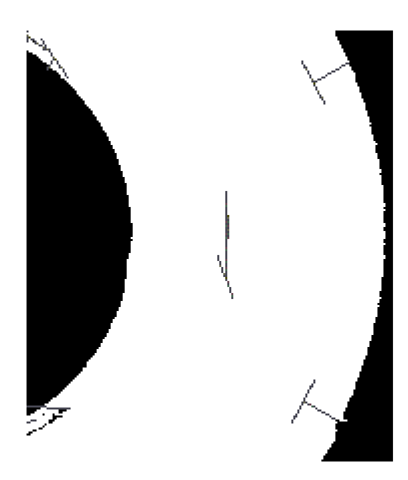
Le second *Seuil de zone* permet d'éliminer des passages entre zone, lorsqu'ils sont aberrants ou difficiles à repérer (point isotropique). Dans l'exemple suivant il y a une zone isentropique et deux passages aberrant entre des zones :



Il faut interdire au programme de recaler en passant par ces zones. Deux solutions sont envisageables : Manuellement, on peut modifier le masque objet, en plaçant de petites zones noires (voir IV-3) :



Une recherche automatique de ces zones est possible, il faut modifier *Seuil de zone* pour obtenir ce résultat (le programme calcule un masque supplémentaire):



o Point de référence:
C’est le point où débute le recalage de la phase. Ce point doit être dans la zone de calcul.



o Valeur de l'angle initial:

Il est possible de taper une valeur initiale de l'isocline (en général 0° si on utilise un polariscope à champ clair et –45° pour un polariscope à champ sombre).

🗀 Isochrome

Cette fenêtre est équivalente à celle concernant l'isocline, on retrouve les données concernant le recalage du paramètre isochrome, compris entre -π/2 et π/2 : Avec les deux seuils pour éliminer des points ou des zones aberrantes, le point de départ du recalage de phase et la valeur de l'ordre de frange en ce point.

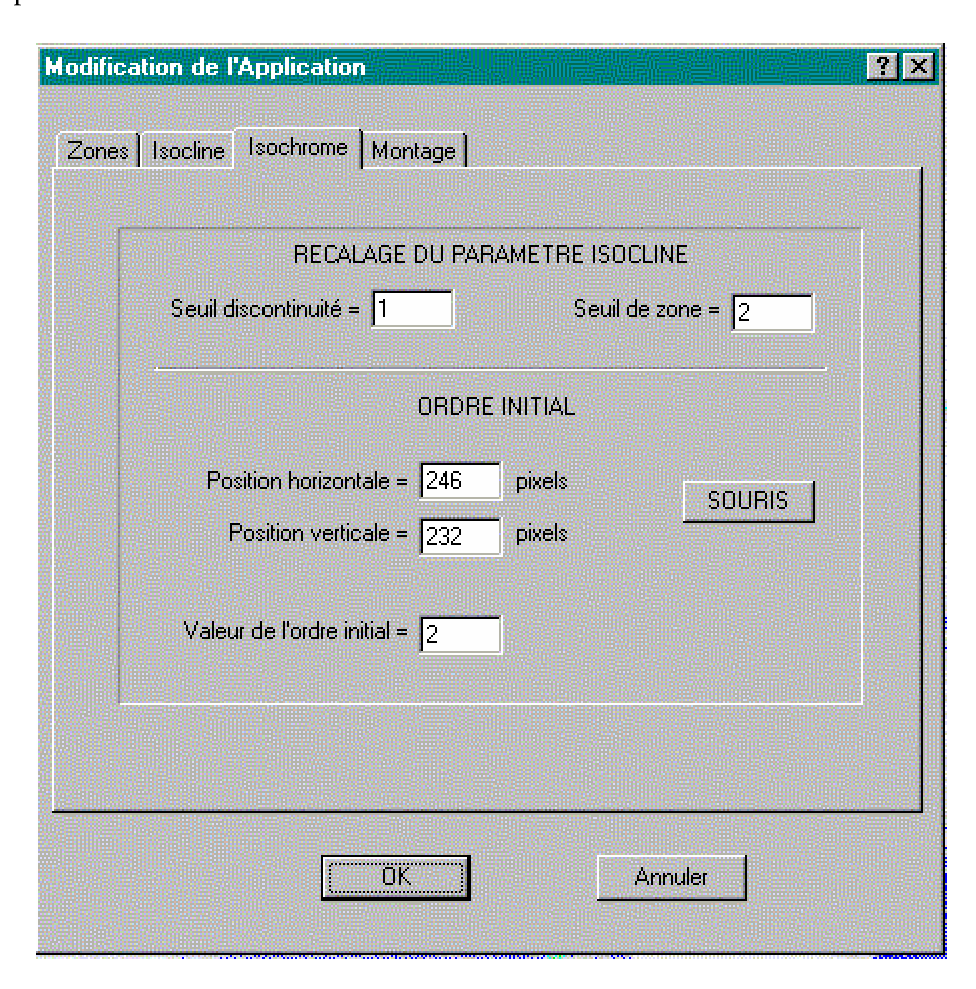


Figure 5-3: Paramètre de calcul de l'isochrome

🗀 Montage

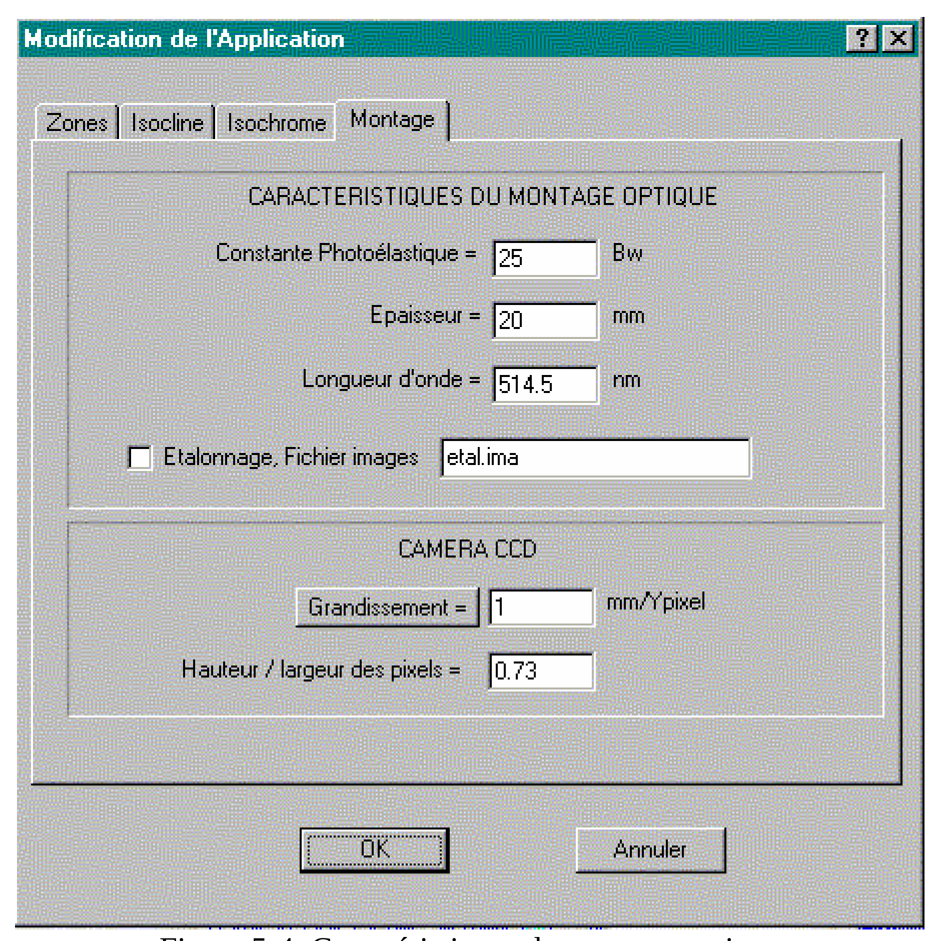


Figure 5-4: Caractéristiques du montage optique

o Caractéristiques du montage optique:

Ces grandeurs sont indispensables pour obtenir une valeur en MPa de la différence des contraintes : Elle concerne la pièce étudiée : Constante photoélastique (1 Brewster = 10^{-12} m^2/N), l'épaisseur de l'éprouvette en mm.

Ensuite il faut entrer la longueur d'onde choisie pour l'enregistrement des 4 images utilisées pour le calcul de l'isochrome. Rappelons que pour le calcul de l'isocline, il est possible d'utiliser une lumière blanche.

o Un étalonnage du montage optique est possible. Cela permet d'améliorer le calcul du paramètre isochrome. Pour cela il faut enregistrer 4 images pour les 4 configurations du polariscope circulaire. Le programme retranche automatiquement (si la case est cochée) les images contenues dans le fichier .ima (*etal.ima*) aux images de l'application.

o Caméra CCD

Le grandissement entre la pièce et la caméra est soit défini en tapant sa valeur soit en cliquant sur *détermination*: pour cela définissez sur l'écran un segment (en pixels) avec la souris puis la valeur réelle (en millimètres) de ce même segment.

Rapport hauteur sur largeur des pixels. C'est une donnée standard fournie par le constructeur de la caméra utilisée (par défaut: 0.73).

IV-3- Menu et fenêtre: Phases du Calcul

Cette fenêtre permet d'exécuter (en cliquant sur les signets) les étapes du calcul. En cliquant sur *paramètres*, la fenêtre de modification des données s'affiche (voir IV-2). En cliquant sur *Visu*, l'écran concernant le paramètre calculé apparaît. Durant un calcul, en cliquant sur *ARRET* celui ci est stoppé.

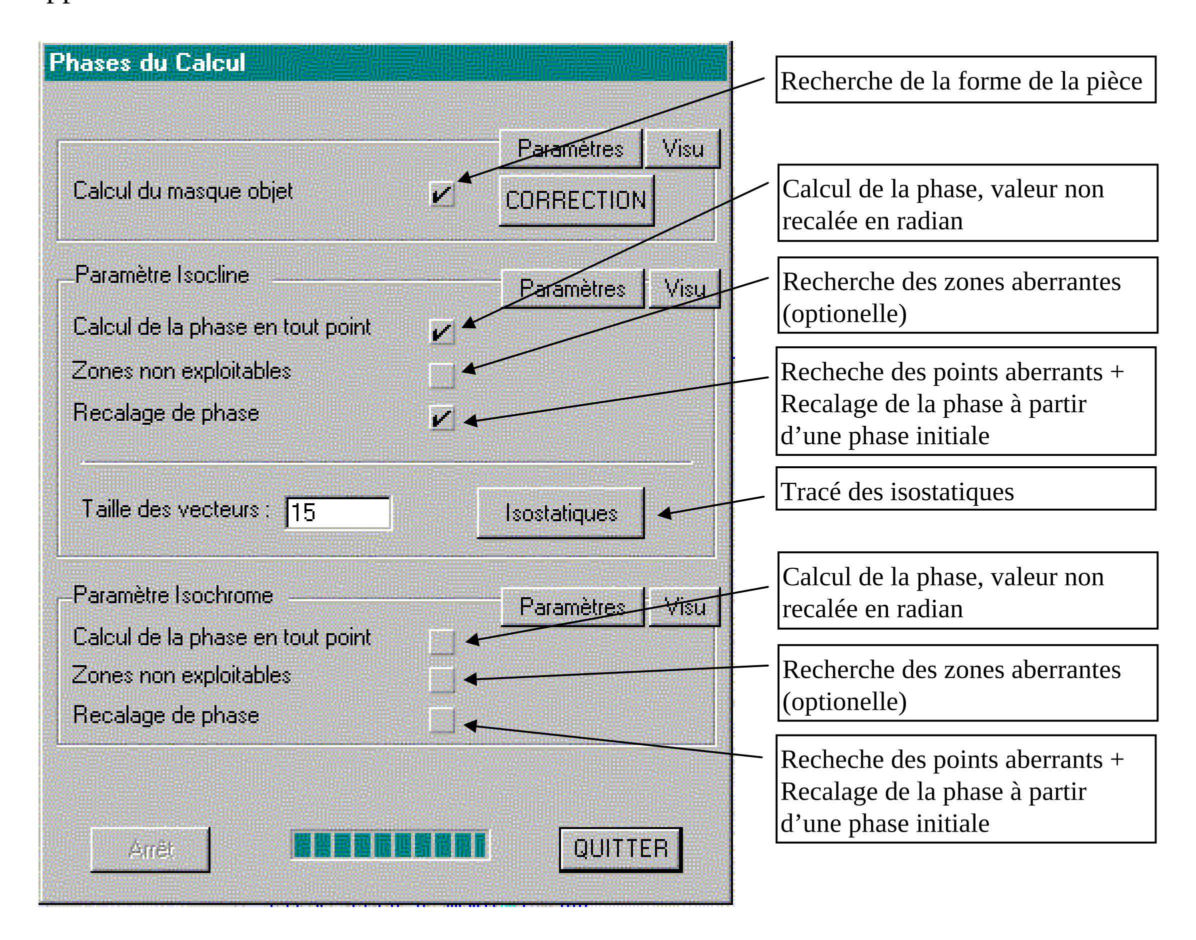


Figure 6: Phases du Calcul

o Calcul du masque objet : La première opération à réaliser est le calcul du masque objet. Une fois obtenu de façon automatique, il est possible de le modifier à l'aide de la souris en cliquant sur *CORRECTION*. Le bouton de gauche permet de basculer entre modification de la position et de la taille de la zone, le bouton de droite permet de terminer la sélection. En appuyant simultanément sur la touche SHIFT du clavier et sur le bouton gauche de la souris remplit la zone en blanc (en noir en appuyant sur le bouton droit de la souris). Le blanc fait partis de la pièce le noir est à l'extérieur de la pièce. Signalons, qu'il faut au préalable cliquer sur *Visu* pour ce retrouver dans le plan du masque objet. Une fois le masque obtenu, le programme sauvegarde un fichier (.msq). A chaque lancement du calcul il n'est pas nécessaire de recalculer le masque, il suffit que le fichier (.msq) existe.

o Calcul du paramètre isocline

-Chaque étape du calcul doit ensuite être exécutée dans l’ordre. La première est le calcul du paramètre isocline non recalé La recherche des zones non exploitables est optionnelle. Le recalage de phase et la recherche des zones non exploitables fournissent un fichier (.msi pour le calcul de l’isocline) qui est le masque objet où a été ajouté les points non calculés. L’isocline est ensuite sauvegardée dans un fichier (.ine) en niveau de gris avec une échelle en degrés.

-Le bouton *Isostatique* permet de visualiser la direction des contraintes, en traçant le réseau d’isostatiques. A chaque clique sur le bouton gauche une ligne isostatique est tracée, le bouton droit permet de passer d’une contrainte à l’autre (perpendiculaire). Il est possible d’effacer les isostatiques en appuyant simultanément sur la touche SHIFT du clavier et le bouton gauche de la souris. A chaque clique la dernière isostatique tracée est effacée. Le double clique sur le bouton gauche de la souris permet de sortir (plus de possibilité d’effacer les isostatiques). Il faut ensuite sauvegarder l’image au format BMP (voir IV-4).

o Calcul du paramètre isochrome

-Une fois le paramètre isocline calculé, il est possible d’obtenir l’isochrome. Les étapes sont identiques aux calculs de l’isocline. Deux fichiers sont créés : .mso masque objet pour le calcul de l’isochrome, (.ome) pour la différence des contraintes une échelle en MPa est affichée.

o Exportation des résultats :

Il existe deux solutions :

1-le menu *sauvegarde d’image* (permet de sauver une zone de l’image (type contrainte : .res) au format ASCII en colonne avec (Xpos, Ypos, Valeur isocline, Valeur isochrome)) .

2-le menu *profil* (permet de sauvegarder le profil sélectionné) soit en niveau de gris soit les valeurs réelles en colonne (N, Valeur isocline, Valeur isochrome)) .

IV-4- Menu Image

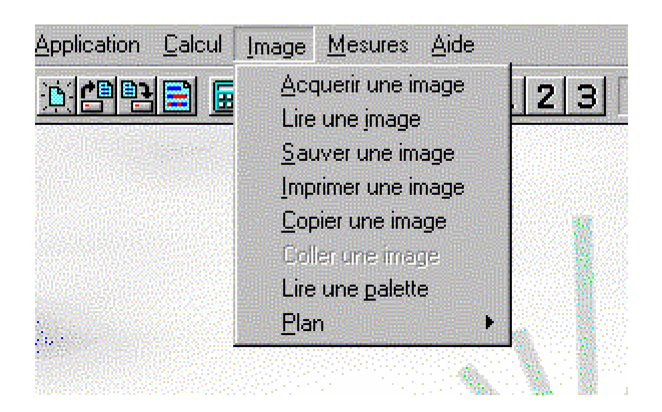


Figure 7: Option du menu Image

Ce menu permet de lancer la fenêtre d'acquisition d'image (pour l'application courante), de lire une image sur disque au format BMP, de sauver une image, de copier ou coller une image dans le presse papier et d'imprimer l'image courante. Il est possible de charger une palette de couleur (*.pal) et de changer le plan de visualisation.

Remarque: La sauvegarde d'image permet de définir une zone de l'image puis de la sauver avec différents formats:

- Image bitmap (.BMP).
- Fichier [X,Y,Valeur Isocline,Valeur Isochrome] au format ASCII (.RES)
- Fichier [X,Y,Niveau de gris] au format ASCII (.ASC)
- Fichier au format DXF format compatible avec certains logiciels de représentation 3D (.DXF)
- Format Image16 bits (.IMG)

Il est possible de diminuer la taille de l'image (utilisé pour les formats RES, ASC et DXF) et d'éliminer un niveau de gris (utilisé pour les formats ASC et DXF).

IV-5- Fenêtre d'acquisition:

Ces fenêtres contiennent toutes les données utiles à l'acquisition et permet de faire le stockage des images.

🗀 Image

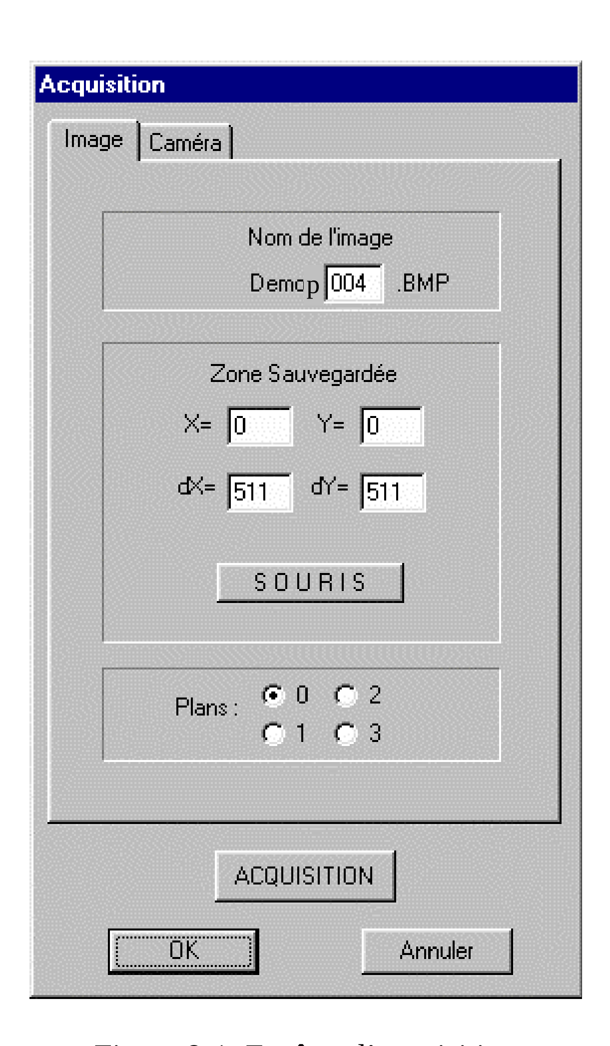


Figure 8-1: Fenêtre d'acquisition

o Nom de l'image:

Le nom de la prochaine image sauvegardée (ici *demop004.bmp*) est affiché. Vous pouvez changer son numéro. Si vous tapez *0 (zéro)*, le fichier *demop.ima* est effacé (à utiliser pour recommencer une manipulation en gardant le même nom d'application).

o Zone sauvegardée:

Permet de définir la position et la taille de la zone de l'image à sauvegarder. Cette zone est définie soit en tapant sa position (coin supérieur gauche) et sa dimension au clavier, soit par souris: Le bouton de gauche permet de basculer entre modification de la position et de la taille, le bouton de droite permet de terminer la sélection.

o Plans:

Choix du plan actif

🗀 Caméra

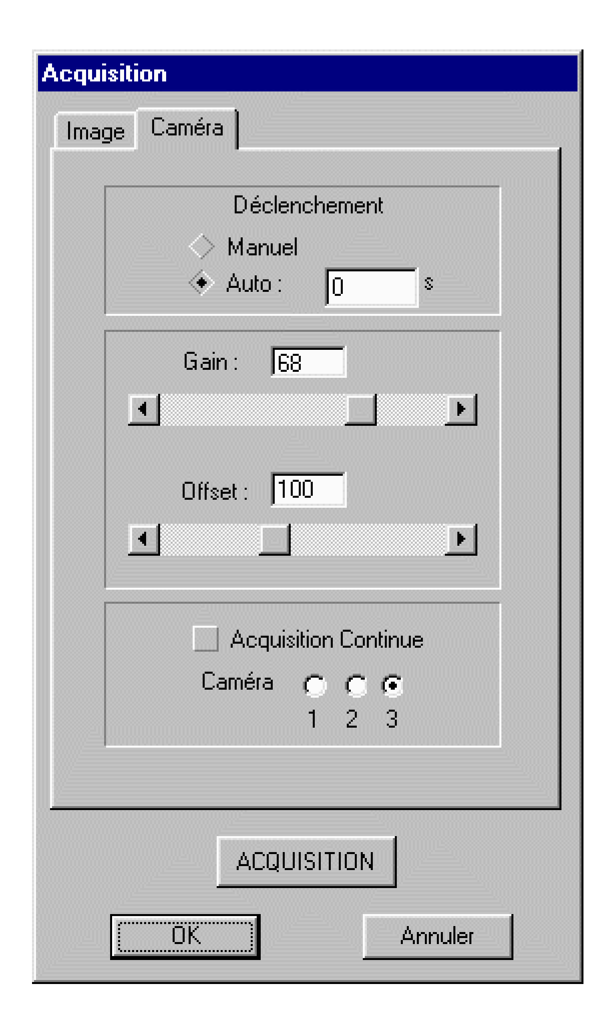


Figure 8-2: Fenêtre d'acquisition

o Déclenchement:

Permet de définir le mode de déclenchement de la prise d'image:

-Manuel (en cliquant sur *EXECUTION* à chaque prise)

-Automatique en définissant un intervalle de temps entre deux prises d'image (en cliquant sur *EXECUTION*, l'acquisition est lancée, il faut cliquer sur *QUITTER* pour stopper)

o Réglage caméra:

Il est possible de modifier le gain (réglage de la sensibilité de la caméra) et l'offset (seuil minimum des niveaux de gris de la caméra).

o Vous pouvez choisir l'entrée caméra sur la carte d'acquisition.
En cochant *Acquisition continue*, la caméra est en prise continue d'images.

Remarque

o Bouton: *ACQUISITION*: lance l'acquisition (prise d'une image ou lancement de l'acquisition en continue si l'option déclenchement automatique est sélectionnée).

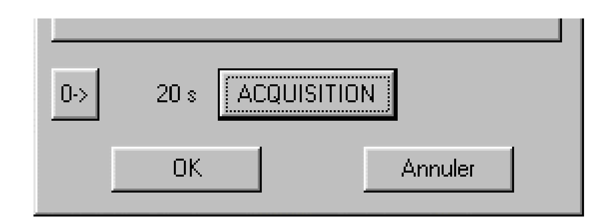


Figure 8-3: Acquisition

Lorsqu'une première image est prise un compteur de temps apparaît. C'est ce temps qui est sauvé dans un fichier (demop.ana) avec le numéro des images. En cliquant sur le bouton [0->] ce fichier est initialisé ainsi que le fichier .ima.

IV-6- Menu: Mesures

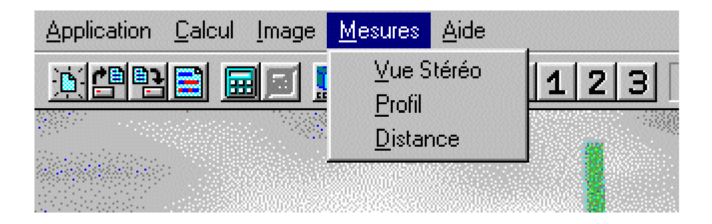


Figure 9: Option du menu Mesures

Le menu Mesures permet d'accéder aux fenêtres d'exploitation des résultats: une vue stéréoscopique des images, une représentation graphique des intensités lumineuses de lignes de l'image et la mesure de distance entre différents points:

IV-7- Fenêtre: Vue Stéréo

Nous avons implanté dans ce logiciel un module permettant une visualisation tridimensionnelle et stéréoscopique de l'image affichée, le relief est proportionnel aux niveaux de gris. Dans le cas d'images représentant en niveaux de gris un relief (obtenues par moiré d'ombre, moiré de projection) on visualise directement le relief de la pièce étudiée.

L'effet de relief est obtenu en combinant deux images: une image rouge pour l'œil gauche et une image bleue pour l'œil droit. Des lunettes (non fournies) ayant deux filtres de couleur sont donc nécessaires.

Le relief est souligné soit par un ombrage, soit par un champ de points (granularité). Si l'option ombrage n'est pas sélectionnée et que la quantité de granularité est à 0, l'image finale est noire.

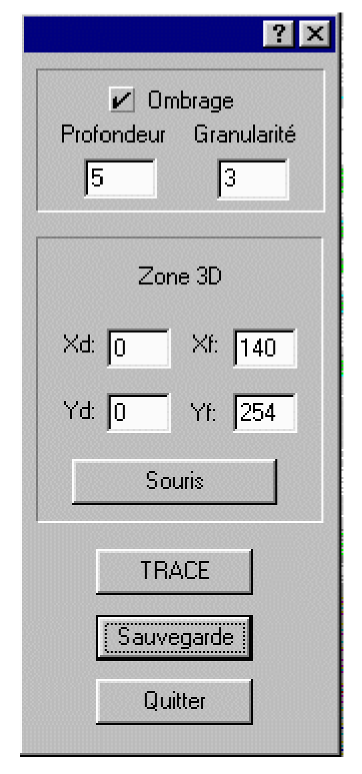


Figure 9.1: Fenêtre Vue Stéréo

o Ombrage:
Si cet onglet est cochet un ombrage et ajouté à l'image 3D, pour une visualisation sans granularité. (figure 9.2)

o Profondeur:
Permet de définir l'amplitude du relief de l'image 3D.

o Granularité:
Défini la quantité de points ajoutés à l'image 3D. Certaines images peu contrastées doivent contenir ces points pour une meilleure visualisation. A utilisé si on n'utilise par d'ombrage. (Figure 9.3)

o Zone 3D:
Permet de définir la zone de l'image qui sera représentée en 3D. Entrée clavier des dimensions ou définition par souris.

o TRACE:
Bouton de lancement de la visualisation.

o Sauvegarde:

Sauvegarde l'image 3D au format BMP.

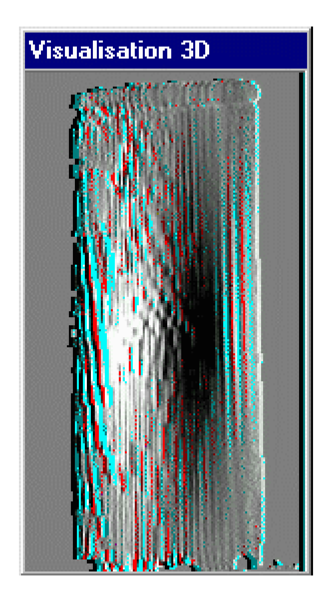


Figure 9.2: Avec ombrage, granularité=0

Figure 9.3: Sans ombrage, granularité=20

IV-8- Fenêtre: Profil



Figure 10: Fenêtre profil

Cette fenêtre permet d'observer les niveaux de gris d'une ligne, d'une colonne ou d'un segment de l'image affichée, soit en tapant les coordonnées soit par souris.

En cliquant sur *TRACE*, on visualise le profil des niveaux de gris recherchés.

Il existe deux boutons *SAUVEGARDE:*

Dans la zone *Niveaux de Gris*: il permet de sauver sur disque le profil (Z) en niveaux de gris.(fichier N, Z), N est exprimé en pixel et représente le numéro d'ordre du pixel

Dans la zone *Résultats Réels*: il permet de sauver sur disque les résultats du calcul:(N, X, Y, Isocline, Isochrome).

IV-9- Fenêtre: Mesure de Distance

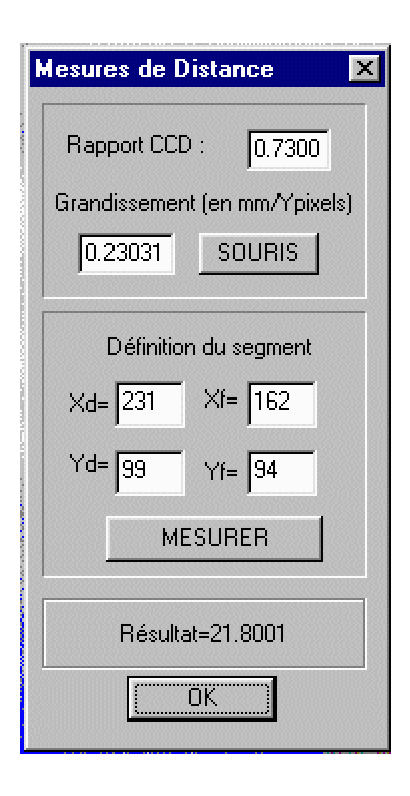


Figure 11: Fenêtre mesure de distance

Cette fenêtre permet de mesurer la distance entre deux points. Pour cela, il faut définir le grandissement en mm/Ypixels (définir aussi le rapport entre la hauteur et la largeur des pixels de la caméra: généralement 1 ou 0.73).

En cliquant sur le bouton [MESURER], on définit un segment, en appuyant sur le bouton gauche de la souris, on bascule d'une extrémité à l'autre, en appuyant sur le bouton droit la distance est affichée. Par exemple Résultat=21.8001.

7- Menu Aide

Ce menu contient deux rubriques:

Les fichiers utilisés par le programme et le nom et l'adresse électronique des personnes ayant participé à la réalisation de ce logiciel.

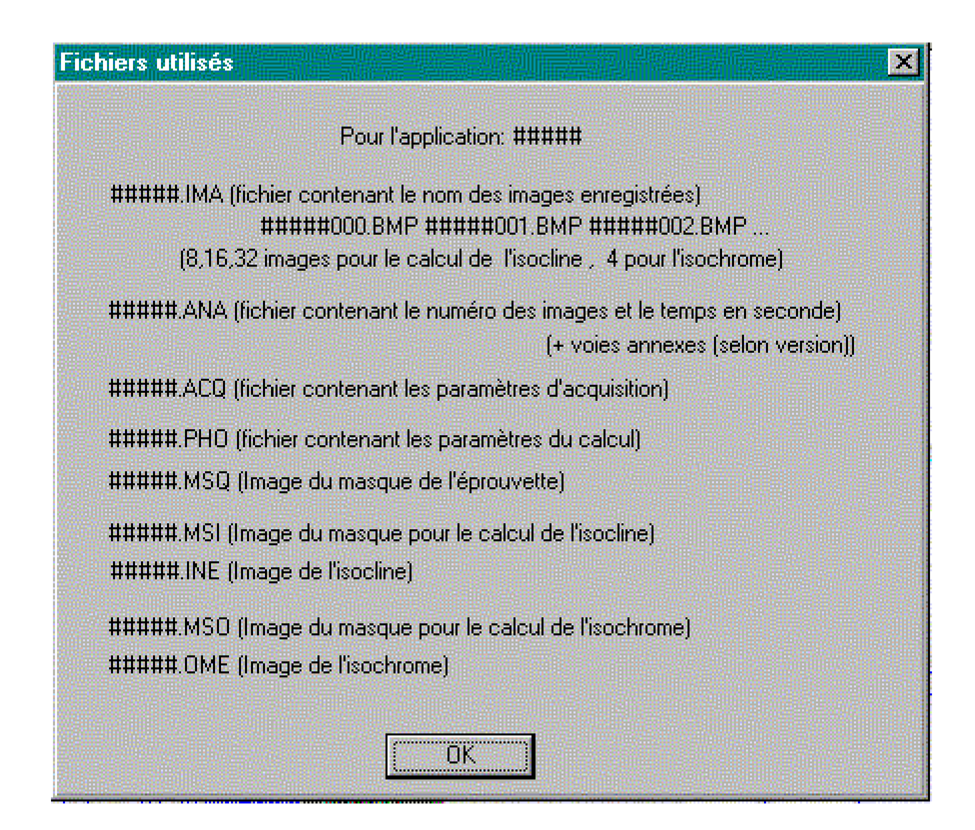


Figure 9: Liste des fichiers utilisés

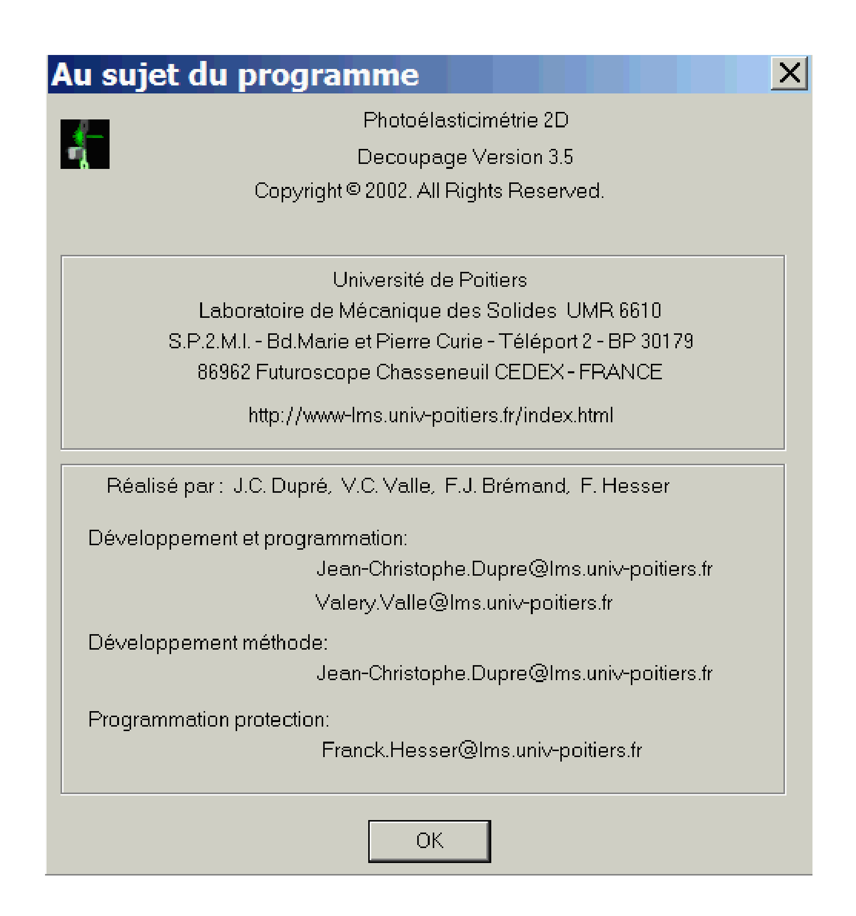


Figure 10: Contacts...

ANNEXE

Principe de base de l'analyse des franges photoélastique par PHOTO2D

Détermination du paramètre isocline (α)

La méthode retenue est une technique à base de transformée de Fourier [Y.Morimoto, Y.Morimoto, Jr and T. Hayashi, Separation of isochromatics and isoclinics using Fourier transform, Experimental techniques, pp. 13-17, September 94]. Elle permet de visualiser les franges isochromes et de calculer le paramètre isocline. Le modèle est placé dans un polariscope rectiligne à champ clair. L'intensité lumineuse (I) en sortie de polariscope s'exprime par :

$$I = I_0[1 - \sin^2 2\alpha \sin^2 \frac{\varphi}{2}] \qquad (1)$$

α représente la direction de l'une des contraintes principales secondaires.

Le paramètre isochrome φ est donné par :

$$\varphi = \frac{2\pi Ce}{\lambda}(\sigma' - \sigma'') \qquad (2)$$

(σ′ - σ′′) est la différence des contraintes principales, C présente la constante photoélastique du matériau et λ la longueur d'onde de la lumière utilisée.

La variation simultanée de l'inclinaison (θ) du polariseur et de l'analyseur permet d'exprimer l'intensité lumineuse en fonction de θ :

$$I(\theta) = I_0[1 - \sin^2 2(\alpha - \theta) \sin^2 \frac{\varphi}{2}] \qquad (3)$$

$$I = I_0[1 - \frac{A}{2}(1 - \cos 4(\alpha - \theta))] \qquad (4)$$

Pour chaque point de l'image, A est constant ($A = \sin^2 \frac{\varphi}{2}$).

Le signal (4) est une fonction périodique de période $T = \frac{\pi}{2}$ en fonction de θ. La méthode consiste à calculer la transformée de Fourier (FFT) de chaque pixel de l'image en fonction de θ.

Dans l'ordre 0, on visualise la partie constante du signal $I_0(1 - A/2)$ qui représente l'isochrome. Nous obtenons le $\sin^2$ du paramètre isochrome cette seule donnée n'est pas suffisante pour pouvoir recaler le paramètre isochrome, c'est pourquoi nous verrons par la suite une autre technique pour l'obtenir.

Si θ varie sur une période (π/2), l'ordre 1 de spectre de Fourier donne la partie périodique du signal (4α)

Le paramètre isocline α est donné à l'aide du rapport entre la partie imaginaire et la partie réelle de $2\pi C_{+1}$.:

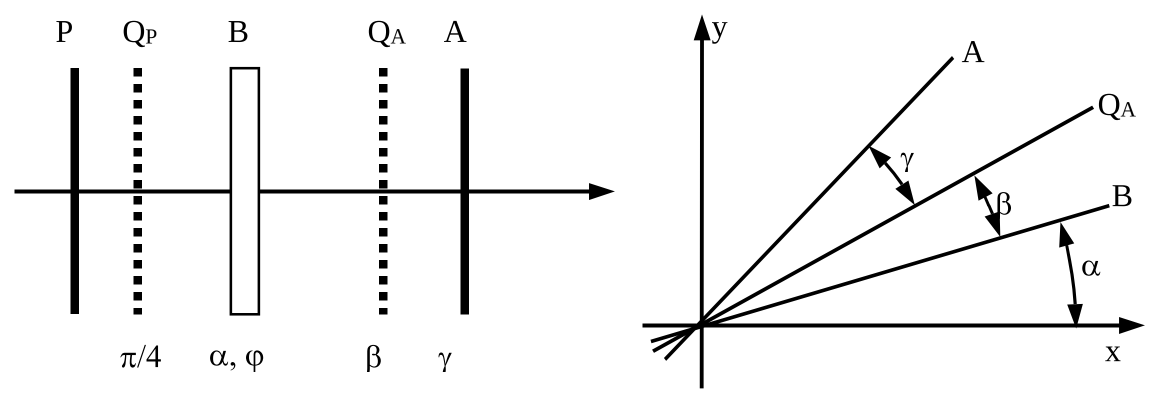
$$\alpha = \frac{1}{4}\arctan\left[\frac{-\operatorname{Im}(FFT_{+1})}{\operatorname{Re}(FFT_{+1})}\right] \quad \text{où } \alpha \in [-\pi/4\ ,\ \pi/4]$$

Le même raisonnement peut être effectué en faisant varier θ sur deux périodes (π) dans le pic d'ordre 2 on pourra calculer l'isocline.

Dans cette méthode le paramètre isocline est perturbé lorsque le paramètre isochrome est égal à 2kπ. Par contre, on ne joue pas sur les intensités lumineuses pour séparer les paramètres isochrome et isocline. Elle est donc assez peu sensible à une variation d'intensité. C'est pourquoi nous avons retenu cette méthode.

<u>Détermination du paramètre isochrome (φ)</u>

Le modèle est placé dans un polariscope circulaire. La méthode d'analyse consiste à jouer sur l'orientation de la lame quart d'onde de l'analyseur [E.A.Paterson and Z.F. Wang, Towards full field automated photoelastic analysis of complex components, Strain, Vol. 27, PP. 49-56, May 91]. Dans ce contexte le montage optique est :



Configuration d'un polariscope circulaire à géométrie variable

La relation donnant l'intensité lumineuse de sortie est alors :

$$I = a^2 \left(1 + \sin 2\gamma \cos \varphi + \sin 2\beta \cos 2\gamma \sin \varphi\right) \quad (3.21)$$

Quatre configurations du polariscope sont nécessaires, elles sont regroupées dans le tableau ci-dessous:

Valeur des angles	Valeur de l'intensité
$\gamma = \pi/4$, $\beta + \alpha = 0$	$I_1 = a^2(1 + \cos \varphi)$
$\gamma = -\pi/4$, $\beta + \alpha = 0$	$I_2 = a^2(1 - \cos \varphi)$
$\gamma = 0$, $\beta + \alpha = 0$	$I_3 = a^2(1 - \sin 2\alpha \sin \varphi)$
$\gamma = 0$, $\alpha + \beta = \pi/4$	$I_4 = a^2(1 + \cos 2\alpha \sin \varphi)$

Les paramètres isocline et isochrome sont alors obtenus grâce aux expression :

$$\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{arctg}\left(\frac{(I_1 + I_2)/2 - I_3}{I_4 - (I_1 + I_2)/2}\right) \qquad \varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{I_4 - (I_1 + I_2)/2}{(I_1 - I_2)\cos 2\alpha}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{(I_1 + I_2)/2 - I_3}{(I_1 - I_2)\sin 2\alpha}\right)$$

Compte tenu de la précision sur l’isocline nous n’avons pas retenu cette solution pour son calcul. L’isochrome est donc calculé à partir de l’isocline calculée par Transformée de Fourier.

Exemple, Démarche à suivre

1-Cliquez sur *Application* puis *Nouveau*, entrez un nom d'application (DEMOP)

⇨ La fenêtre d'acquisition apparaît

2-Enregistrement des images (sauter cette étape si vous voulez utiliser les images de la demo)

2-1 Détermination de (α)

1-Polariscope rectiligne à champ clair.

2-Choix du nombre d'image (8, 16 ,32) et de la variation d'angle (90°, 180°, …)

3-Rotation du polariseur et de l'analyseur avec des incréments de [variation d'angle / nombre d'image] et enregistrement de chaque image en cliquant sur *ACQUISITION*.

Exemple 8 images et 90° : Enregistrement de 8 images avec des incréments de 11,25°

⇨8 images enregistrées (DEMOP000.BMP … DEMOP007.BMP)

⇨Cliquez sur *OK* pour ne calculer que l'isocline (parag. 3.1) ou continuer l'enregistrement des images pour le calcul des isochromes (parag. 2.2).

2.2 Détermination de (φ)

Enregistrement des 4 images :

1-polariscope circulaire champ clair

2-polariscope circulaire champ sombre

3-rotation de l'analyseur tel qu'il soit parallèle à la lame quart d'onde

4-rotation de l'ensemble analyseur lame quart d'onde de 45°

⇨4 images enregistrées (DEMOP008.BMP … DEMOP011.BMP)

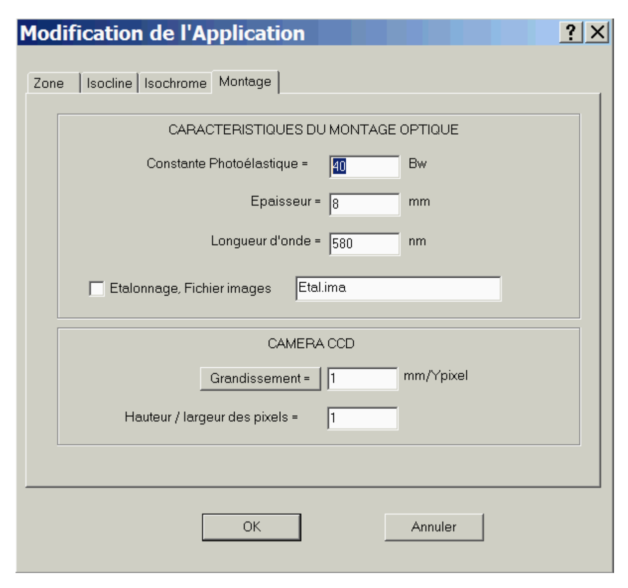
⇨Cliquez sur *OK* pour fermer la fenêtre *Acquisition*

3-Calcul

(Tous les paramètres sont sauvés dans demop.pho, afin d'être dans les conditions exposées si dessous vous devez l'effacer).

Cliquez sur *Modifier l'application :*

Dans le dernier volet, *Montage*, modifier les paramètres :



Modification des paramètres du montage

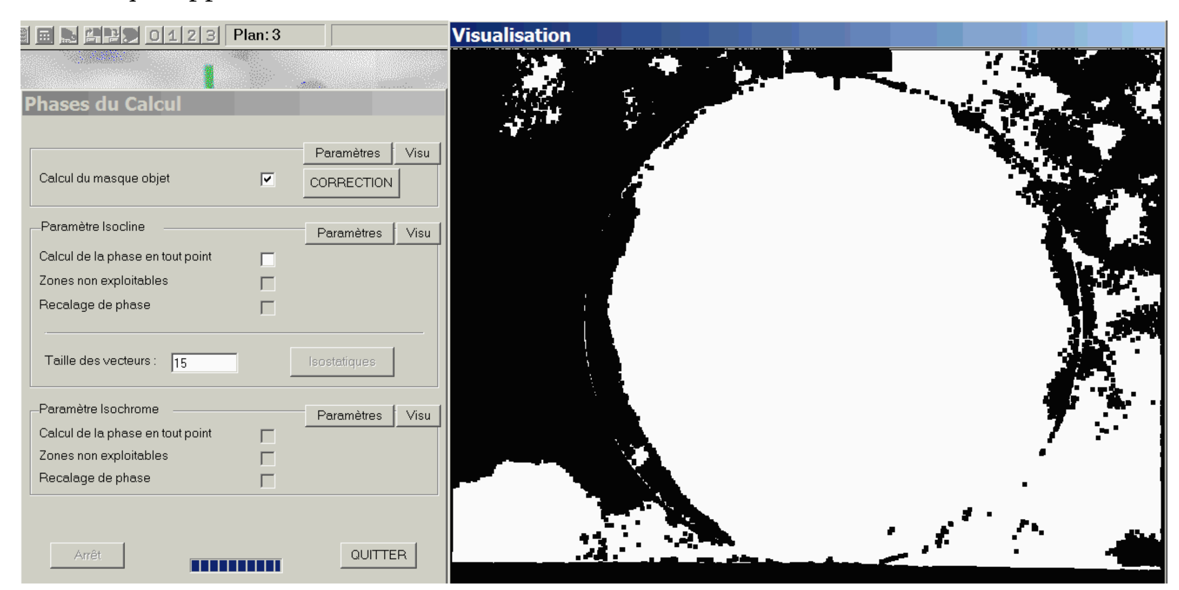
Cliquez sur OK pour sortir puis :

Cliquez sur *Calcul*

3-1 Calcul du masque objet

Cliquez sur la case à cocher pour lancer le calcul automatique.

⇨Le masque apparaît à l'écran :

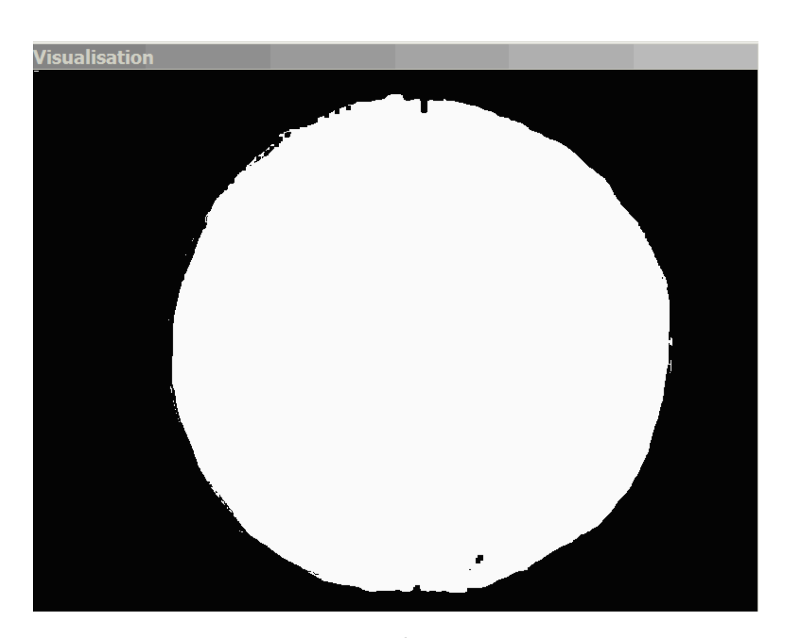


Premier calcul du masque

Cliquez sur *Paramètres* puis modifiez le seuil du masque objet (par exemple 8).

Cliquez sur *OK* ou *Annuler* pour revenir à la fenêtre de calcul. Relancer le calcul du masque.
Ce n'est pas mieux… retapez 5 pour le seuil… puis relancer le calcul.

Modification manuelle du masque : Cliquez sur *CORRECTION* pour modifier à la souris le masque : modifier la taille du pinceau : bouton de gauche, shift + bouton droit : exclusion des points, shift + gauche : le contraire, pour sortir : bouton de droite.



Masque après modifications manuelles

3-2 Calcul de l'orientation des contraintes (paramètre isocline)

Cliquez sur *Paramètres* pour vérifier les paramètres. *Pour cet exemple : 8 images et intervalle angulaire de 90°,* point de référence au centre. La valeur de l'angle initial est 0° (position des polariseurs)

Dans un premier temps laissez les seuils discontinuité et zone à leurs valeurs par défauts à 1 et 2.

Cliquez sur *OK* pour revenir à la fenêtre de calcul.

Cliquez sur la case à cocher *Calcul de la phase en tout point* pour lancer le calcul.

⇨Les valeurs de l'isocline sont affichées entre –45° et +45°

Cliquez sur la case à cocher pour lancer le recalage : *Recalage de phase*

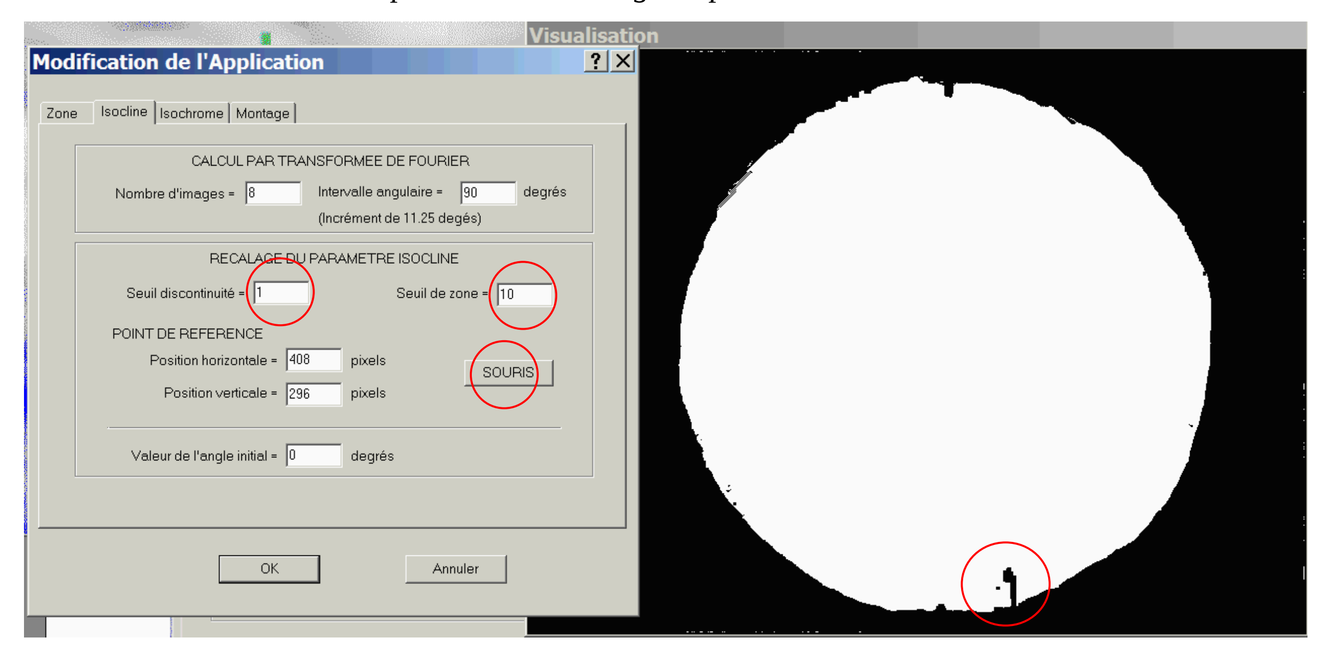
⇨Il y a des zones mal recalez ! Plusieurs solutions :

1-Changez le point de départ si cela ne suffit pas diminuer le seuil de discontinuité puis relancer le recalage

2-Cliquez sur *Zones non exploitables* puis sur *Recalage de phase*. Si le résultat n'est pas correct: changer le point de départ si cela ne suffit pas diminuer le seuil de zone puis relancer le recalage.

3-Modifier le masque : pour cela cliquez sur *CORRECTION*

Dans l'exemple il faut modifier les seuils, le point de départ, modifier le masque, puis lancer *Zones non exploitable* et *Recalage de phase*:



Paramètres et masque modifiés, pour le recalage de l'isocline

⇨Il est alors possible de tracer les isostatiques (le recalage de phase n'est pas obligatoire).

3-3 Calcul de la différence des contraintes (paramètre isochrome)

La démarche est identique à celle décrite pour l'isocline :

Choisissez un point de référence. Indiquez la valeur de l'ordre de frange en ce point (par exemple: 1 pour le centre de l'éprouvette)

Dans un premier temps laissez les seuils discontinuité et zone à leurs valeurs par défauts à 1 et 2.

Cliquez sur *OK* ou *Annuler* pour revenir à la fenêtre de calcul.

Cliquez sur la case à cocher *Calcul de la phase en tout point* pour lancer le calcul.

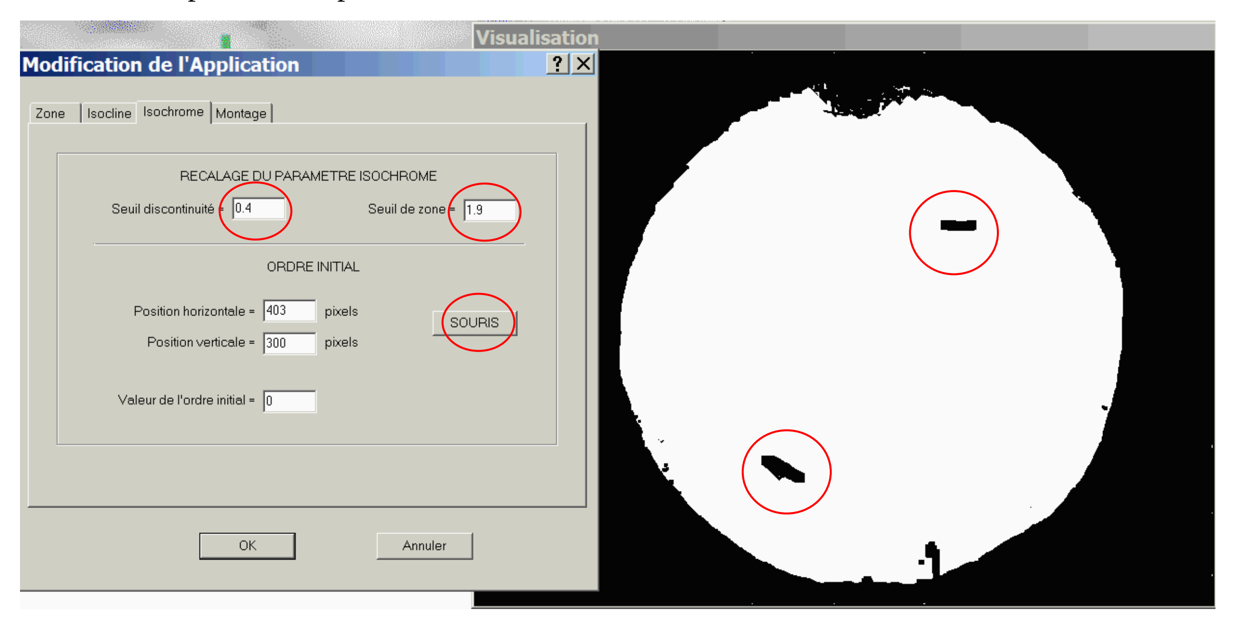
⇨Les valeurs de l'isochrome sont affichées entre 0° et +180°

Cliquez sur la case à cocher pour lancer le recalage : *Recalage de phase*

⇨Il y a des zones mal recalez !

⇨La démarche est identique au calcul de l'isocline.

Attention après avoir modifier le masque, vous devez relancer le calcul de l'isocline pour que celui-ci soit pris en compte.



Paramètres et masque modifiés, pour le recalage de l'isochrome

Plusieurs fichiers images au format BMP ont été créés : essai000.msq, essai000.msi, essai000.mso pour les différents masques, essai000.ine pour le paramètre isocline essai000.ome pour la différence des contraintes.

Pour exporter les résultats, il existe deux solutions :

1-le menu *sauvegarde d'image* (permet de sauver une zone de l'image (type contrainte: .res) au format ASCII en colonne avec (Xpos, Ypos, Valeur isocline, Valeur isochrome)) .

2-le menu *profil* (permet de sauvegarder le profil sélectionné) soit en niveau de gris soit les valeurs réelles sous forme de colonnes (N, Xpos, Ypos, Valeur isocline, Valeur isochrome)) .